

## Elektromágneses terek élettani hatásai

### Mobiltelefon bázisállomások

#### Tájékoztató

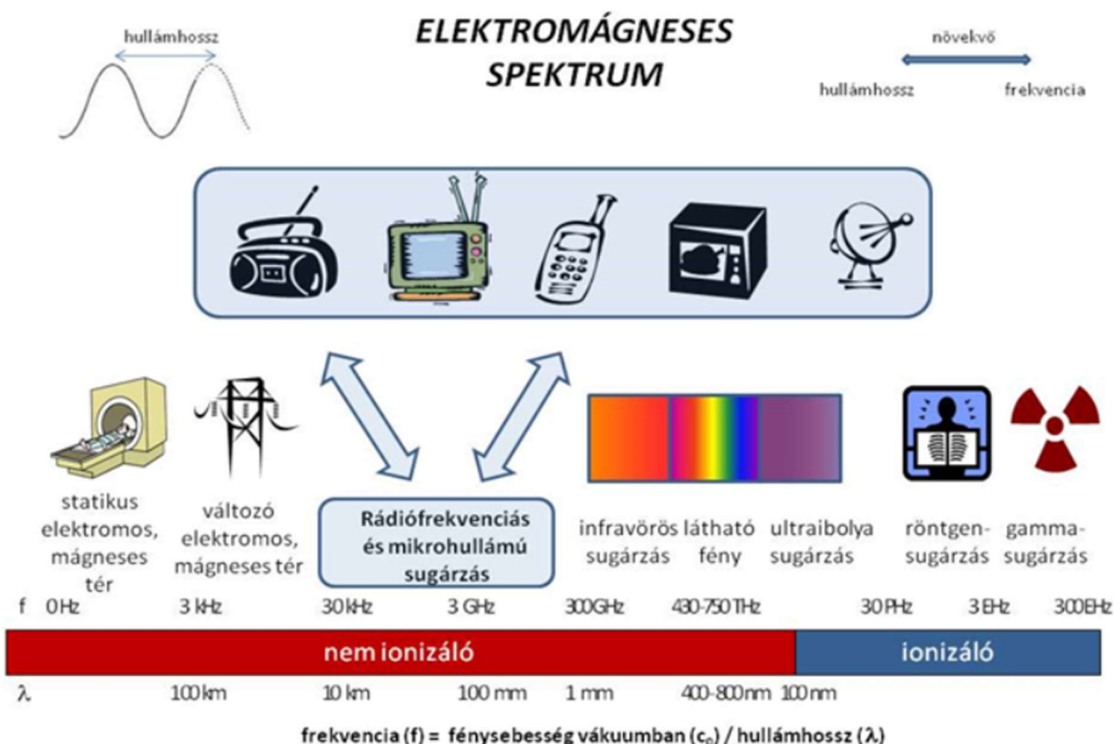
##### Bevezető

Az elektromos és mágneses terek természetes formában a föld kialakulása óta léteznek, pl. a föld mágneses tere révén, a villámok által keltett elektromos terek formájában vagy a kozmikus eredetű háttérsugárzás formájában.

Az elektromosság felfedezésével és használatával az ember körül egyre több mesterséges forrás is megjelent, ezek mostanára mindennapi környezetünk részeivé váltak. Emiatt szűkebben vett lakókörnyezetünkben is találkozhatunk számos olyan forrással, amely jelentősebb elektromágneses teret hoz létre, legyen az transzformátor állomás, távvezeték, indukciós főzőlap, bázisállomás vagy mikrohullámú sütő.

##### Áttekintés - nem ionizáló sugárzások élettani hatásai, sugárzás elleni védelem

Nem ionizáló sugárzásoknak nevezzük 0 - 300 GHz frekvenciájú elektromágneses tereket. Ezek elsősorban azok frekvenciájától függően különböző biológiai hatásokkal járhatnak a sugárzásnak kitett emberek számára.



A gyakorlatban a lakosság nem ionizáló elektromágneses terekkel ipari és háztartási berendezések környezetében is találkozhat.

- Sztatikus és kisfrekvenciás tartományban:
  - transzformátor állomások
  - indukciós főzőlapok
  - távvezetékek
  - villamos- és vasúti felsővezetékek
  - orvosi diagnosztikai eszközök (MRI)
- Nagyfrekvenciás (rádiófrekvenciás és mikrohullámú) tartományban:
  - mobiltelefon bázisállomások
  - TV- és rádió adóállomások
  - radarállomások
  - mikrohullámú sütők
  - mobiltelefonok
  - WiFi routerek

A kisfrekvenciás tartományban elsősorban az elektromos és mágneses tér által az emberben indukált áramsűrűséggel kell számolni, amely a szív és érrendszerre, az idegrendszerre és az izmokra hat az indukált testáramok révén – nem termikus hatások.

A nagyfrekvenciás tartományban a szövetek helyi melegedése a számottevő biológiai hatás, amely a sugárzás testben való elnyelődése miatt keletkezik – termikus hatások.

A nem ionizáló sugárzásból származó káros hatások elleni védelem érdekében egészségügyi határértékek kerültek meghatározásra, amelyek a rövid távú hatásokra vonatkoznak. Az élettani hatásokon alapuló egészségügyi határértékek azon a feltételezésen alapulnak, hogy ezek a hatások nem adódnak össze. Ezért nincs jelentősége annak, hogy mennyi ideig tartózkodik az adott személy az elektromágneses térben. Ebből adódóan a lakossági egészségügyi határértékek (alapkoriátok) legfeljebb rövid időre léphetők túl (a termikus hatások esetén a 6 perces átlagot, a nem termikus hatásoknál a pillanatnyi értéket kell figyelembe venni).

A hosszú távú hatásokra vonatkozóan az utóbbi évtizedekben számos vizsgálatot végeztek, de idáig nem sikerült kimutatni olyan hatást, ami arra mutatna, hogy az alapkoriátoknál kisebb értékű, de tartós sugárzás egészségügyi problémákat okozhat. Ezzel együtt néhány nem teljesen igazolt vizsgálat alapján a WHO Nemzetközi Rákkutató Ügynökség óvatosságból 2B lehetséges rákkeltő csoportba sorolta:

- az 50 Hz-es mágneses tereket a gyermekkori leukémia kockázatának növekedése miatt,
- az RF tereket a leggyakrabban mobiltelefont használók (legalább napi 30 perc 10 éven át) körében glioma kialakulásának megnövekedett kockázata miatt.

### A rádiófrekvenciás és mikrohullámú sugárzás élettani hatásai

A bázisállomások sugárzása a mikrohullámú tartományba esik. A mobiltelefon bázisállomások által jelenleg használt frekvenciasávok a 700 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, 2600 MHz, 3600 MHz tartományban vannak.

A 10 MHz feletti frekvenciatartományban csak termikus hatásokkal kell számolni. Ez azt jelenti, hogy az elektromágneses sugárzás a testszövetekben való elnyelődés és ezáltal a testszövetek felmelegedése révén fejti ki hatását (amely hatást pl. a mikrohullámú sütőben is kihasználunk).

Az elnyelődés mértékét a szövet víztartalma határozza meg, minél nagyobb a víztartalom, annál nagyobb az elnyelődés.

Az elnyelődés mértéke függ attól is, hogy a sugárzás milyen mértékig hatol be a szervezetbe. A behatolási mélység pedig függ a sugárzás frekvenciájától. A frekvencia növekedésével csökken, ugyanakkor a testhossztól függően létezik egy rezonáns tartomány, ahol a sugárzás nagyobb része nyelődik el. Az emberi testméretnél ez a 20 MHz-300 MHz közötti frekvenciákra adódik, ennek megfelelően itt a határértékek is alacsonyabbak, mint az ez alatti és feletti tartományban.

Az elnyelődés mértékét az elnyelt teljesítménnyel (SAR) jellemzik, mértékegysége W/kg.

Az élettani hatásokat elsősorban a sugárzás nagysága határozza meg. Úgy találták, hogy 2-8 W/kg nagyságú dózisteljesítmény az, ami 1 C°-os hőmérséklet emelkedést eredményez. Ennek megfelelően három fokozatot különböztetnek meg:

- termikus hatás 2 - 8 W/kg felett, amely 1 C°-nál nagyobb hőmérséklet emelkedést eredményez,
- atermikus hatás 0,5 – 2 W/kg között, amely a hőszabályozás miatt nem eredményez hőmérséklet emelkedést,
- nem termikus hatás 0,5 W/kg alatt, amely nem eredményez hőmérséklet emelkedést, a hőszabályozás nem érintett.

A különböző hatások szétválasztása valójában nem ennyire egyértelmű, pl. nagyban függ az adott szerv hőszabályozási képességétől, így a vérellátással nem rendelkező szemlencse jóval érzékenyebb az erős sugárzásra, mint a jó vérellátással, így jó hőszabályozással rendelkező agy.

A termikus hatásnak kitett szervezet esetében a tapasztalatok a nemzőképesség ideiglenes csökkenésével és szürkehályog képződésével voltak kapcsolatosak.

A rádiófrekvenciás és mikrohullámú sugárzásoknak az idegrendszerre gyakorolt hatásának vizsgálata során állatkísérletekben a viselkedésre gyakorolt hatásokat tudtak kimutatni 3 – 9 W/kg SAR értékek között.

### A rádiófrekvenciás és mikrohullámú sugárzás elleni védelem, lakossági határértékek

A fentebb leírt kísérletek és tapasztalatok alapján számos nemzetközi bizottság azt javasolta, hogy a 4 W/kg SAR értékre alkalmazzanak egy tízes redukciós faktort. Így alakult ki a mára nemzetközileg is elfogadott érték: az egész testben elnyelt átlagos 0,4 W/kg SAR mint foglalkozási, illetve ennek ötödrésze 0,08 W/kg, mint lakossági dóziskorlát. Azaz a lakossági alapkorlát a 4 W/kg SAR érték ötvened része.

Az ICNIRP, az ENSZ nem-ionizáló sugárzás elleni védelem nemzetközi bizottsága 1998-ban adta ki iránymutatását, amely ajánlást az Európai Unió is átvett a lakossági határértékekre vonatkozó 1999/519/EK irányelv formájában. Magyarország ezt az irányelvet az Uniós csatlakozást követően a 63/2004 ESzCsM rendeletben honosította.

Az ESzCsM rendeletben a 10 MHz – 10 GHz közötti frekvenciák esetén az alapkoriátok az egésztestre átlagosan 0,08 W/kg-ban, lokálisan (a fejre és a törzsre) 2 W/kg-ban kerültek meghatározásra.

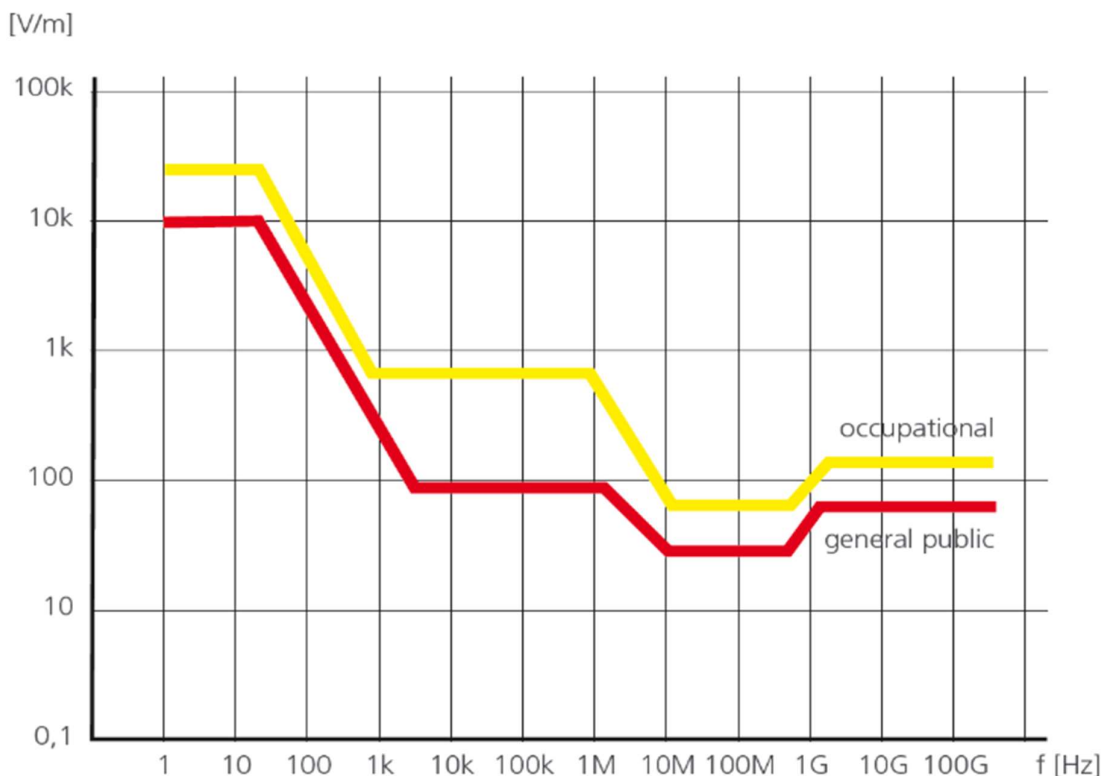
Az alapkoriátok a környezetben közvetlenül nem mérhető mennyiségek, ezért a határértékeket meghatározó jogszabályok tartalmaznak olyan vonatkoztatási határértékeket, amelyek a mérhető jellemzőkre vonatkoznak:

- elektromos térerősség (E) V/m,
- mágneses térerősség (H) A/m
- mágneses indukció (B) T,
- teljesítménysűrűség (S) W/m<sup>2</sup>

A vonatkoztatási határértékek az antennákhoz egészen közeli területek kivételével egymásnak megfeleltetők, bármelyik teljesülése esetén az alapkoriátok is teljesülnek. Nagyfrekvenciás tartományban általában elektromos térerősség mérés történik.

Az expozíció mérésénél a mért mennyiséget a vonatkoztatási határértékekkel kell összehasonlítani. A vonatkoztatási határértéknek való megfelelés egyúttal biztosítja az alapkoriátoknak való megfelelést is.

A vonatkoztatási határértékek az egésztestre átlagra vonatkozó alapkoriátból vannak származtatva és úgy vannak meghatározva, hogy az alapkoriát a legrosszabb feltételek (legnagyobb elnyelődés) esetén is teljesüljön, valamint figyelembe veszik, hogy az elnyelődés mértéke frekvenciafüggő, így a frekvenciától függően változnak a vonatkoztatási határértékek.

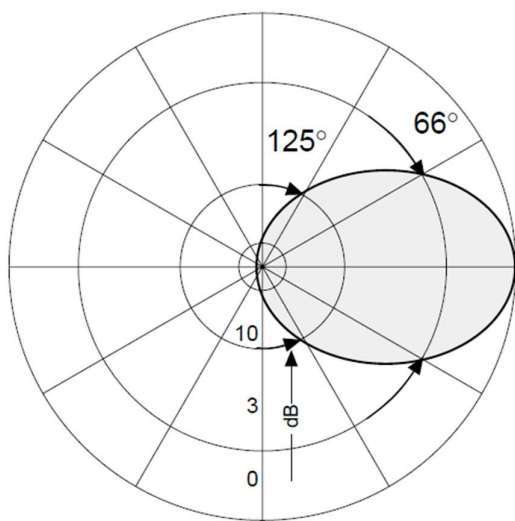


Vonatkoztatási határérték E [V/m] a frekvencia függvényében.

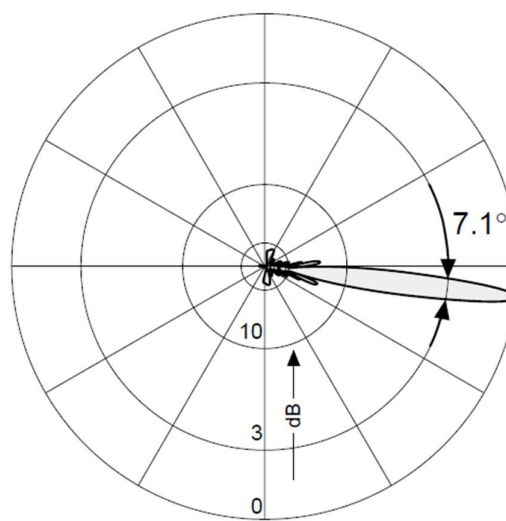
## Az expozíció a bázisállomások környezetében

A bázisállomások környezetében a lakosságot érő expozíciót (lényegében az adott pontban levő térerősséget vagy teljesítménysűrűséget) nagymértékben meghatározza az érintett személy helyzete a sugárzóhoz képest.

Az adott pont (személy, lakás) felé kisugárzott teljesítmény függ attól, hogy milyen irányban van az antennától. A bázisállomások antennái szektorsugárzók, ami azt jelenti, hogy vízszintes tartományban típusától függően 60-70°-os szögben sugároznak, viszont függőlegesen 5-10°-os ez a tartomány. Ezen a tartományon kívül a kisugárzott teljesítmény a tized-, századrésze is lehet iránytól függően.



### Horizontal Pattern



### Vertical Pattern

Jellemző antennakarakterisztika, Kathrein 742 240 típus, 1710 – 1880 MHz-es sáv

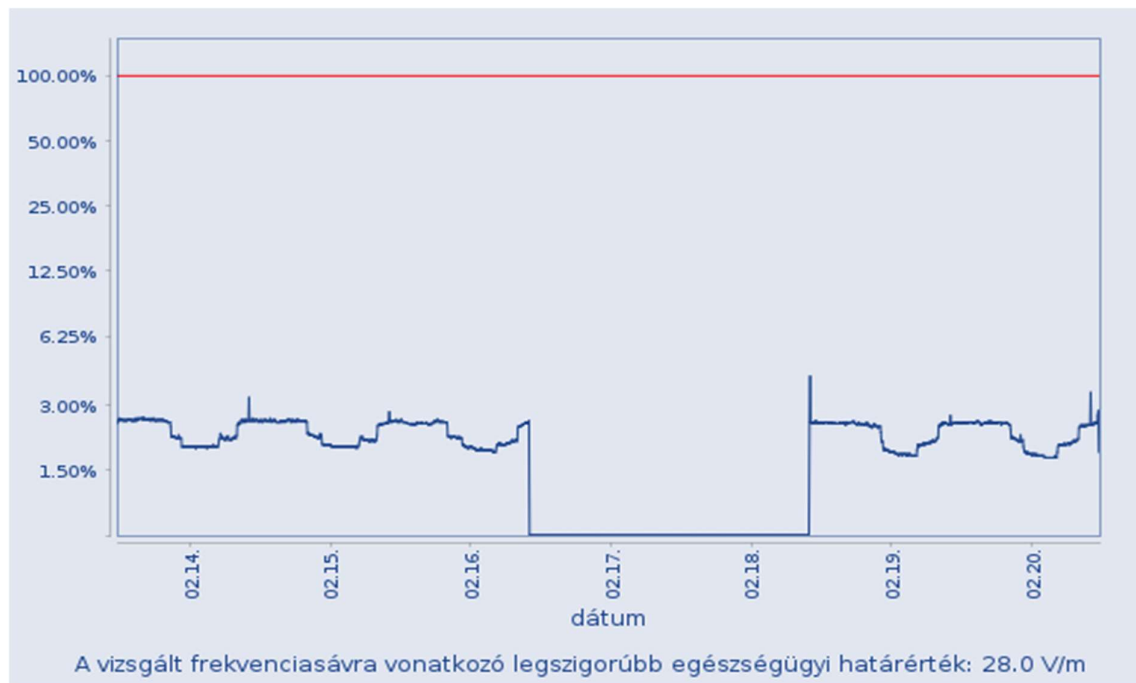
Fontos még az antennától való távolság is, mivel az antennák által kisugárzott teljesítménysűrűség a távolság négyzetével csökken.

A bázisállomások jellemzően magasan vannak elhelyezve, méghozzá úgy hogy tereptárgyak, házak ne árnyékolják le a közel vízszintes térszög alatti sugárzást. Így a lakosság által megközelíthető helyek általában jóval az antennák alatt, ill. attól több tíz méteres távolságban vannak, ami által egyrészt az arra kisugárzott teljesítmény jóval kisebb, másrészt a sugárzás a távolsággal jelentősen csillapodik.

13 év mérési tapasztalatát összegezve elmondható, hogy az antennák környezetében fő sugárzási irányban (amerre a legnagyobb a kisugárzott teljesítmény) a lakossági határérték 5-10 m-en belül van, még az újabb antennák esetén is, ahol az összes sávot összegzetten egy antennából sugározzák ki. A legtöbb esetben azonban ez nem mérhető ki, mert a lapostetőkön is kiemelve helyezik el az antennákat vagy azok a tető széléről kifelé sugároznak, így nincs lehetőség az antennával egy magasságban főirányba kerülni. Lefelé vagy oldalra pedig már jóval kisebb a kisugárzott teljesítmény, így ritka kivételtől eltekintve a tetőkön, padlásokon az antennához legközelebb mérve is csak a határérték 10-50 %-a mérhető. Ezek a helyszínek nem lakóterek, itt a környezetben lakóknak legtöbbször csak elvi lehetőségük van az ott tartózkodásra.

A bázisállomások környezetében a sugárzókhoz legközelebbi lakóterek jellemzően az antennák alatt helyezkednek el, amerre egyrészt kicsi a kisugárzott teljesítmény, másrészt a lakás fölött levő födém csillapítása is jelentős a legtöbb esetben. Ennek tudható be, hogy az antennák alatt levő lakások esetében a mért érték nem haladja meg a határérték 5-10 %-át, ez tipikusan 2-4 %. A bázisállomásokkal szemben levő épületek lakótereiben pedig szintén az antennák szintje alatti elhelyezkedés és a több tíz méteres távolsággal csökkenő sugárzás miatt lehet hasonló értékeket mérni.

A bázisállomások adaptív teljesítményszabályozással működnek, ami némileg egyszerűsítve annyit jelent, hogy attól függően, hogy milyen távoli és/vagy milyen mennyiségű mobilt kell kiszolgálni az állomásnak, változtatják a kimenő teljesítményüket. Az alábbi ábrán az NMHH által végzett mérést láthatunk, ami egy bázisállomással szomszédos épület tetején készült. A diagram a mért értéket a határérték %-ában mutatja. Az adatokat elemezve az látszik, hogy amíg 8 – 20 óra közötti időszakban az érték kismértékben, 0,69 – 0,72 V/m között változik, az esti-éjszakai forgalommentes időszakban 0,5 – 0,55 V/m közé csökken.



NMHH mérőállomás által mért értékek 2015, Budapest XIV. ker., Róna park 4.

## Összefoglalás

A WHO és az ICNIRP a mobiltelefonok megjelenése óta figyelemmel kíséri a mobiltelefon használat és a lakosság környezetében levő bázisállomások egészségre gyakorolt hatásait. A kísérletek eredményei és a tudományos bizonyítékok alapján a sugárzás elleni védelem érdekében meghatározták a rövid távú hatásokra vonatkozó egészségügyi határértékeket. Ezeket rendszeresen felülvizsgálják. Az ICNIRP 2010-ben adta ki az új irányelveit, ebben a nagyfrekvenciás tartományra vonatkozó határértékeket változatlanul hagyta, a kisfrekvenciás lakossági határértékeket részben megemelte.

A hosszú távú hatásokra vonatkozóan szintén végeztek kísérleteket. Ezek szerint nem találtak bizonyítékot arra, hogy a tartós RF sugárzás a daganatos szövetek növekedését eredményezné. Az

egészen hosszú távú hatásokat a betegségekkel és halálózással összefüggő adatsorok elemzésével kutatják, de ehhez kellő időnek kell eltelnie. Idáig egyedül az intenzív (fej mellett tartott) mobilhasználattal kapcsolatban, merült fel gyanú arra nézve, hogy ez hosszú idő alatt megnövelheti bizonyos típusú agydaganat előfordulásának kockázatát. A további vizsgálatok érdekében a WHO az RF sugárzást a 2B lehetséges rákkeltő csoportba sorolta. Fontos megjegyezni, hogy ilyen fajta mobiltelefon használat lokális expozíciót jelent, amely különbözik a bázisállomások sugárzásának egész testre gyakorolt hatásától.

A mobiltelefonoknak a 2 W/kg határértéknek kell megfelelniük, amit teljesítenek is, de néhány típusnál ez 1,5 W/kg fölött is lehet, tehát megközelíti a határértéket. Emiatt érdemes megfontolni, különösen a sokat telefonálóknak a headset használatát. Ezzel szemben a teljes testre vonatkozó alapkortól ennek 1/25-öd része. Az ez alapján meghatározott vonatkoztatási határértékeknek való megfelelés tehát a bázisállomásokról és egyéb rádiófrekvenciás forrásokról biztosítja, hogy a fejet sem éri nagyobb sugárzás, mint a fejhez tartott mobiltelefon sugárzásának 1/25-öd része.

A fentiek alapján kijelenthető, hogy a lakosság a bázisállomások környezetében nincs egészségügyi kockázatnak kitéve, amíg a térerősség vagy teljesítménysűrűség a vonatkoztatási határértékek alatt marad. A bázisállomások közelében végzett mérések azt mutatják, hogy határérték közeli, vagy határérték fölötti szintek legfeljebb csak a sugárzók közvetlen közelében mérhetők, ezekre a területekre azonban a lakók ritkán juthatnak be, amennyiben mégis, javasolt az antennák előtti területet elkerülni. Hozzá kell tenni, hogy a vonatkoztatási határértékek túllépését az irányelvek megengedik, mert nem feltétlenül jelenti az alapkortok túllépését. Továbbá, hogy a munkavállalói beavatkozási szintek ennél lényegesen magasabbak, ami szintén nem okoz egészségkárosodást, bár a különösen veszélyeztetett munkavállalókra így pl. a várandós nőkre nem alkalmazhatók.

A mérési tapasztalatok alapján a bázisállomások környezetében levő lakóterekben a térerősség nem éri el a vonatkoztatási határérték 10%-át, így a bázisállomások környezetében való tartózkodás biztonságosnak tekinthető. Egyedi helyzetek természetesen nem zárhatók ki pl. azokban a lakásokban, amelyek valamilyen okból az antennák sugárzási irányában és annak közvetlen közelében helyezkednek el, mindképpen méréssel kell ellenőrizni a határértékeknek való megfelelést.

### Források, ajánlott irodalom

1. Magyar Tudomány, 2002/8 Thuróczy György A rádiófrekvenciás sugárzások egészségügyi kérdései  
<http://www.matud.iif.hu/02aug/thuroczy.html>
2. Az NMHH elektroszmogmérő-programja  
[https://nmhh.hu/cikk/228601/Az\\_NMHH\\_elektroszmogmeroprogramja](https://nmhh.hu/cikk/228601/Az_NMHH_elektroszmogmeroprogramja)
3. WHO/IARC sajtóközlemény A Rádiófrekvenciás EM terek 2B csoportba sorolásáról  
[https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/pr208\\_E.pdf](https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/pr208_E.pdf)
4. 63/2004. (VII. 26.) ESzCsM rendelet  
[https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0400063\\_esc](https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0400063_esc)

Tóth Zoltán

Laboratóriumvezető

Pendant Mérőlaboratórium

2022.10.28.